

# Обзор теорий электрического пробоя твердых диэлектриков

Выполнил студент  
группы 5А1В Зубков А.В.  
Проверил преподаватель  
Мытников А.В.

# План

- \* Классические теории электрического пробоя;
- \* Квантово-механические теории электрического пробоя;
- \* Теории пробоя твердых диэлектриков вследствие ударной ионизации.

# Классические теории электрического пробоя

- \* Теория Роговского. Разрыв ионной кристаллической решетки;
- \* Теория Горовица. Разрыв твердого диэлектрика по микротрещине;
- \* Теория А.Ф. Иоффе;
- \* Теория А.А. Смурова. Теория электростатической ионизации.

# Теория Роговского. Разрыв ионной кристаллической решетки



- \*  $r$  – расстояние между центрами ионов
- \*  $W$  – энергия
- \*  $F$  – сила смещения ионов

Рис. 1. Графики энергии и сил взаимодействия между ионами

# Теория Горовица. Разрыв твердого диэлектрика по микротрещине

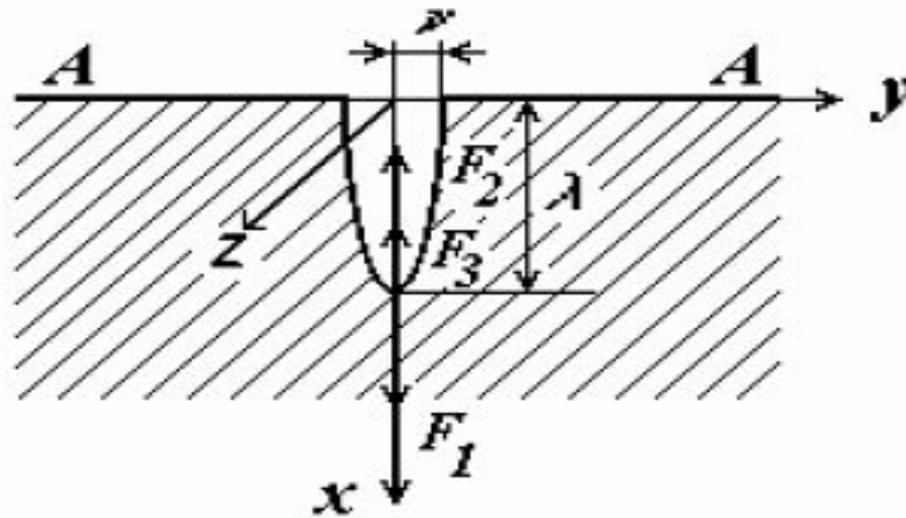


Рис. 2. Модель трещины для расчета электрической прочности по Горовице

# Теория А.Ф. Иоффе

- \* В 1928 году академиком А.Ф. Иоффе была выдвинута теория об ударной ионизации ионами.
- \* При разработке теории опыты по пробое проводились над таким материалом как кальцит.
- \* В качестве результата А.Ф. Иоффе получил, что электрическая прочность твердого диэлектрика должна изменяться пропорционально его толщине.

# Теория А.А. Смурова. Теория электростатической ионизации

\* Теория была предложена в 1928 году.

В данной теории А.А. Смуров предложил, что пробой твердых диэлектриков связан и ионизацией электронами, которые образуются в сильных электрических полях за счет электростатической ионизации.

\* Для пробоя требуется высокая напряженность, порядка 1000 МВ/см

# Квантово-механические теории электрического пробоя неударным механизмом

- \* Теория Зинера. Теория безэлектродного пробоя;
- \* Теория Фаулера. Пробой электродного происхождения;
- \* Теория Я.И. Френкеля. Теория термической ионизации.

# Теория Зинера. Теория безэлектродного пробоа

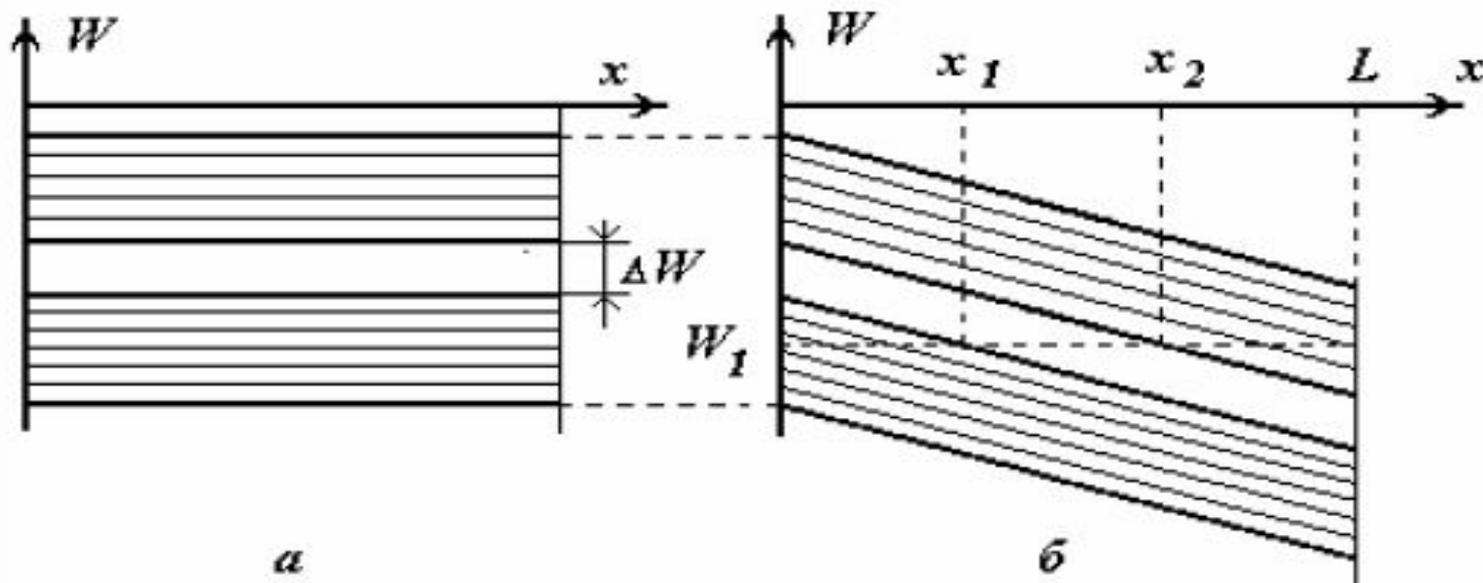


Рис. 3. Зонная структура кристалла

# Теория Фаулера. Пробой электродного происхождения

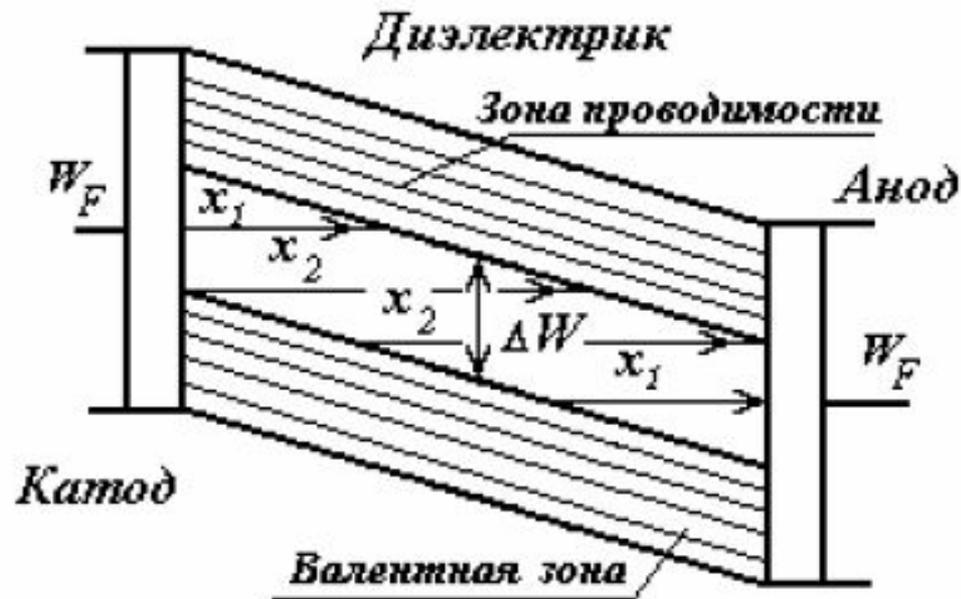


Рис. 4. Схема энергетических зон в металле и диэлектрике при наложении электрического поля

# Теория Я.И. Френкеля. Теория термической ионизации

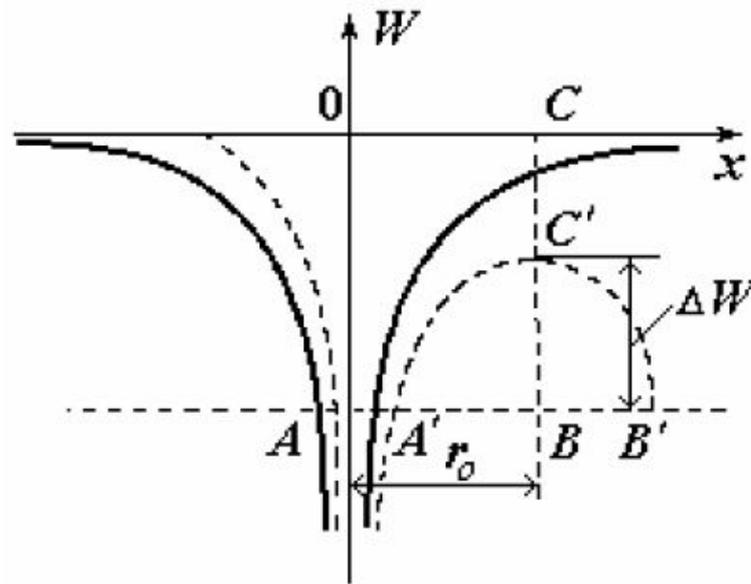


Рис. 5. Потенциальная энергия электрона в атоме  
Сплошные линии – отсутствие электрического поля  
Пунктирные линии – наличие электрического поля

# Теории пробоя твердых диэлектриков вследствие ударной ионизации

- \* Теории Хиппеля и Флериха
- \* Теория Чуенкова.

# Теории Хиппеля и Флериха

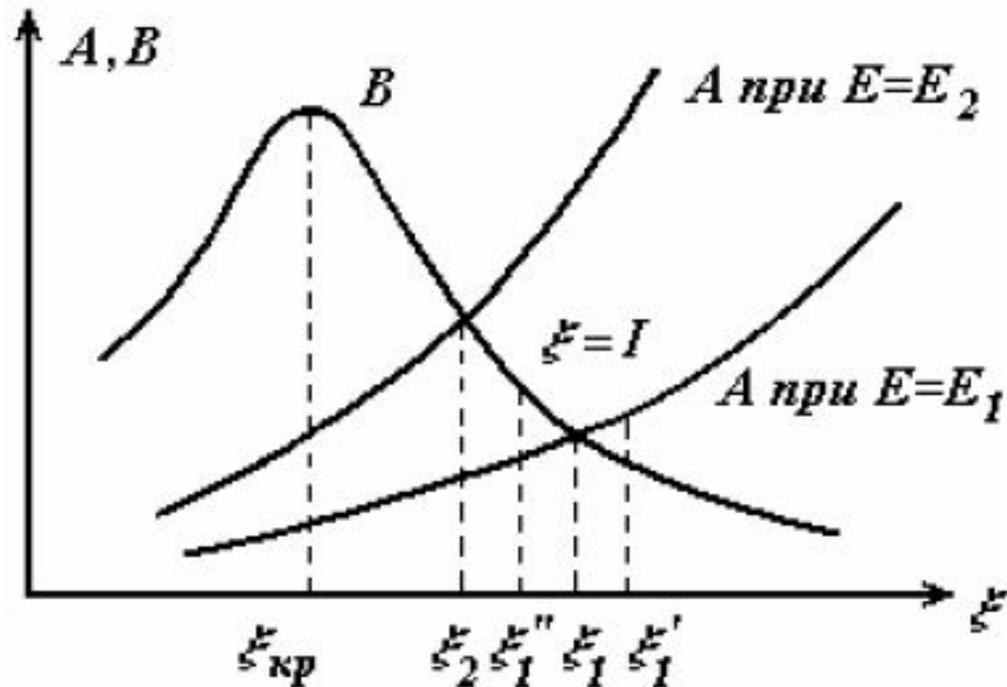


Рис. 6. Зависимость приобретаемой и теряемой энергии электронами от его энергии

# Теория Чуенкова.

\* Условие пробоя по Чуенкову

$$\varepsilon_{\frac{1}{2}}(E_{\text{пр}}) = \varepsilon_p(E_{\text{пр}})$$



Спасибо за внимание